

PENGARUH WAKTU AKTIVASI MEKANOKIMIA DAN PENAMBAHAN TAWAS TERHADAP KADAR AIR DAN KADAR ABU ADSORBEN ZEOLIT

Fardina Aulia Naftaly dan Anang Takwanto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
fardinaan@gmail.com ; [a.takwanto@gmail.com]

ABSTRAK

Zeolit merupakan material yang berpori dan memiliki beberapa kandungan mineral dominan diantaranya adalah SiO_4 dan AlO_4 . Kapasitas adsorpsinya dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi menggunakan larutan asam kuat atau basa kuat. Senyawa Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) atau sering disebut tawas adalah suatu bahan yang dikenal sebagai bahan penjernih air. Metode *mechanochemical* adalah proses yang memanfaatkan energi mekanik untuk mengaktivasi material dan merubah struktur bahkan fasa yang ada, tujuannya adalah untuk memperoleh material dengan luas permukaan yang besar, struktur pori yang sama, serta pembentukan mikropori dengan distribusi yang merata dan kuantitas yang banyak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan tawas pada aktivasi adsorben, dan pengaruh waktu aktivasi secara *mechanochemical* terhadap adsorben. Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan aktivasi terhadap bahan yang akan dijadikan adsorben, setelah itu melakukan penetralan pH, analisa kadar, air, dan kadar abu dengan variabel tetap bahan berupa zeolit, tawas dan konsentrasi larutan aktivator NaOH 2 M, serta variabel berubah diantaranya adalah massa tawas 1:0:2 ; 1:0,5:2 ; 1:0,75:2 ; 1:1:2 (b:b:v), waktu aktivasi secara *mechanochemical* 30; 60; 90 menit. Secara umum hasil penelitian yang didapatkan adalah semakin banyak tawas yang ditambahkan akan menghasilkan kualitas adsorben yang semakin baik. Maka dari itu dengan dilakukannya penelitian ini dapat diketahui pengaruh penambahan tawas terhadap modifikasi adsorben dan pengaruh waktu aktivasi secara *mechanochemical*.

Kata kunci: adsorben, aktivasi, mekanokimia, zeolit-tawas

ABSTRACT

Zeolite is a porous material and has several dominant mineral contents including SiO_4 and AlO_4 . The adsorption capacity can be increased by an activation process using a strong acid or strong base solution. Compound Aluminum Sulfate ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) or often called alum is a material known as a water purification agent. The mechanochemical method is a process that utilizes mechanical energy to activate the material and change the structure of even the existing phase, the aim is to obtain a material with a large surface area, the same pore structure, and the formation of micropores with an even distribution and a large quantity. The purpose of this study was to determine the effect of adding alum on adsorbent activation, and the effect of mechanochemical activation time on adsorbents. This research was conducted by activating the material to be used as an adsorbent, after that neutralizing the pH, analyzing the content, water, and ash content with the fixed variables being the ingredients in the form of zeolite, alum and the concentration of 2M NaOH activator solution, as well as the changing variables including the mass of alum 1:0:2 ; 1:0,5:2 ; 1:0,75:2 ; 1:1:2 (b:b:v), mechanochemical activation time 30; 60; 90 minutes. In general, the research results obtained were that the more alum added, the better the quality of the adsorbent. Therefore, by conducting this research, we can know the effect of adding alum on adsorbent modification and the effect of mechanochemical activation time.

Keywords: adsorbent, activation, mechanochemical, zeolite-alum

1. PENDAHULUAN

Zeolit merupakan material berpori dan memiliki beberapa kandungan mineral dominan (SiO_4 dan AlO_4) [1]. Zeolit terbagi menjadi 2 jenis, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit sintetis lebih sering digunakan untuk kepentingan komersial dibandingkan zeolit alam, hal ini dikarenakan zeolit sintetis memiliki ukuran partikel yang sama dan tingkat kemurnian yang lebih tinggi daripada zeolit alam [2]. Zeolit alam telah dikenal sebagai bahan yang memiliki daya serap yang baik, namun bahan ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah mengandung banyak pengotor, komposisi yang beragam, serta kristalinitasnya kurang baik [3]. Zeolit alam adalah bahan galian yang ketersediaannya sangat melimpah dan seharusnya dapat dimanfaatkan secara maksimal. Zeolit alam masih mengandung banyak pengotor dan luas permukaannya yang rendah, maka dari itu diperlukan aktivasi dan modifikasi pada zeolit untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya [4]. Modifikasi adsorben zeolit dapat dilakukan dengan penambahan tawas yang dapat menurunkan rasio Si/Al dari zeolit agar meningkatkan sifat hidrofilik zeolit.

Tawas merupakan kelompok garam rangkap berhidrat yang berupa kristal dan bersifat *isomorf* [5]. Tawas dikenal sebagai suatu bahan kimia yang sering digunakan untuk proses penjernihan air [6]. Aktivasi bahan zeolit-tawas ini diperlukan untuk menghilangkan pengotor dan merubah rasio Si/Al [7]. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisis maupun kimiawi. Aktivasi secara fisis dilakukan dengan pemanasan pada zeolit untuk menguapkan air yang terperangkap didalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Selain aktivasi fisis, adapun aktivasi kimiawi, dimana aktivasi bahan dilakukan dengan cara menambahkan larutan asam ataupun basa, untuk membersihkan permukaan pori dan menghilangkan senyawa pengotor [3]. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah proses aktivasi secara kimiawi, dengan menambahkan larutan basa kuat NaOH. Penggunaan aktivator ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan basa dalam memperluas pori dari zeolit yang hasilnya akan berpengaruh pada kemampuan adsorpsinya [8].

Penelitian dengan penggunaan aktivator NaOH sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Saidi (2014), hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah zeolit yang teraktivasi NaOH memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik daripada zeolit yang teraktivasi tanpa NaOH. Hal ini disebabkan karena NaOH mampu menghilangkan pengotor berupa kation penyeimbang struktur zeolit sehingga pori-pori lebih luas dan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik [9]. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi zeolit dengan modifikasi penambahan tawas dan menggunakan metode aktivasi mekanokimia. Metode mekanokimia adalah proses mekanis yang menggunakan peralatan *grinding (ball mill)* yang menghasilkan gangguan atau rusaknya struktur kristal dari suatu bahan [10]. Hasil yang diharapkan dengan penggunaan metode ini diantaranya adalah luas permukaan yang besar sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya dan mendapatkan struktur pori yang sama.

Penelitian dengan menggunakan metode mekanokimia sebelumnya sudah dilakukan oleh Wati (2022). Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi aktivasi secara mekanokimia dan waktu kontak adsorpsi. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah semakin lama waktu aktivasi kualitas adsorben yang dihasilkan semakin baik, namun kualitas adsorben pada pengujian daya serap iodium kurang baik jika waktu aktivasi melampaui batas waktu aktivasi optimum [11].

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tawas pada aktivasi adsorben, dan pengaruh waktu aktivasi secara *mechanochemical* terhadap adsorben.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dari hasil penelitian atau pengamatan secara langsung dengan variabel yang digunakan, diantaranya adalah variabel tetap yaitu bahan zeolit-tawas, konsentrasi larutan aktivator NaOH (2M), dan variabel berubah yaitu perbandingan massa zeolite, tawas dan larutan aktivator yaitu 1 : 0 : 2, 1 : 0,5 : 2, 1 : 0,75 : 2, 1 : 1 : 2 (b:b:v) serta waktu aktivasi secara *mechanochemical* yaitu 30, 60, 90 menit.

2.1 Pembuatan Adsorben Zeolit-Tawas

Zeolit alam yang berasal dari daerah Sumber Manjing, Kabupaten Malang dicuci hingga bersih, lalu dikeringkan dibawah sinar matahari \pm 1 jam. Zeolit yang telah kering dilakukan pengecilan ukuran hingga berbentuk serbuk dan diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh, kemudian tawas serbuk diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh. Setelah itu, dilakukan proses aktivasi terhadap zeolit yang dimodifikasi dengan penambahan tawas. Zeolit sebanyak 100 gram ditambahkan tawas dan larutan NaOH dengan variasi yang telah ditentukan (1:0:2; 1:0,5:2 ; 1:0,75:2 ; 1:1:2) dimasukkan kedalam *ball mill* dan diaktivasi menggunakan metode *mechanochemical* dengan variasi waktu 30, 60, dan 90 menit. Zeolit-tawas yang telah diaktivasi disaring, dinetralkan, dan dikeringkan dengan oven pada suhu 110⁰C selama 2 jam untuk mengurangi kadar air, kemudian diletakkan dalam desikator untuk penyesuaian suhu ruang.

2.2 Analisis Kadar Air Adsorben Zeolit-Tawas

Uji kadar air pada adsorben zeolit bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terkandung dalam adsorben setelah melakukan aktivasi secara mekanokimia. Prosedur uji kadar air yang dilakukan pertama adalah memasukkan adsorben zeolit seberat 1 gram ke dalam oven dengan suhu 110⁰C selama 1 jam. Selanjutnya adsorben zeolit di dinginkan dalam desikator selama 15 menit. Kemudian dilakukan penimbangan adsorben zeolit. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan (1)

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

m1 = berat kertas saring kosong (gram)

m2 = berat kertas saring + isi sebelum di oven (gram)

m3 = berat kertas saring + isi setelah di oven (gram)

2.3 Analisis Kadar Abu Adsorben Zeolit-Tawas

Kandungan kadar abu sangat mempengaruhi kualitas dari adsorben. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori sehingga luas permukaan adsorben menjadi berkurang dan mempengaruhi adsorpsi yang terjadi[12]. Prosedur uji kadar abu yaitu mula-mula sampel adsorben ditimbang dalam cawan sebanyak 1 gram dan dipanaskan dalam furnace pada suhu 800⁰C sampai

terbentuk abu. Kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan dianalisis kadar abunya dengan menggunakan persamaan (2)

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat sampel mula-mula (gram)}}{\text{Berat abu yang terbentuk (gram)}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan terhadap adsorben zeolit-tawas menggunakan aktivator NaOH didapatkan hasil sebagai berikut.

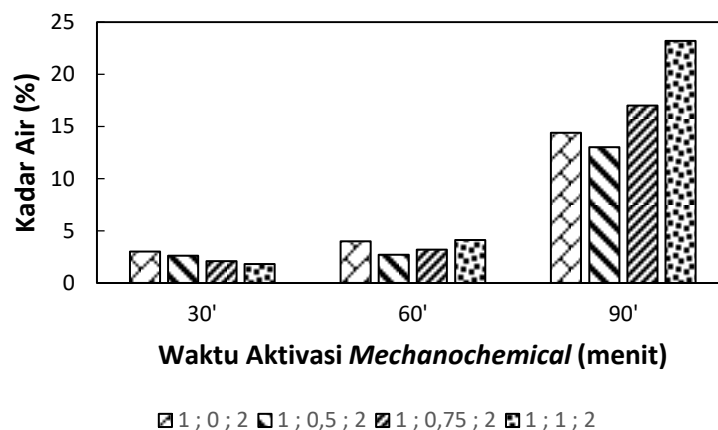
Tabel 1. Data hasil pengamatan karakteristik karbon aktif dengan aktivator NaOH

No	Parameter*	Maks	Waktu Aktivasi (menit)	Massa Zeolit : Tawas : NaOH (b:b:v)			
				1 : 0 : 2	1 : 0,5 : 2	1 : 0,75 : 2	1 : 1 : 2
1.	Kadar Air (%)	Maks 15	30	3	2,6	2,1	1,8
			60	4	2,7	3,2	4,1
			90	14,4	13	17	23,2
2.	Kadar Abu (%)	Maks 10	30	4,1	8,1	8,8	9,5
			60	3,9	5,6	4,3	3,8
			90	12,1	13,3	12,4	11,1

*Nilai karakteristik mengacu pada SNI No.06-3730-1995 tentang syarat mutu karbon aktif

3.1. Analisis Kadar Air

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan adsorben zeolit dengan adanya modifikasi penambahan tawas dan melalui aktivasi dengan menggunakan metode mekanokimia selama 30 menit dan 60 menit dengan NaOH sebagai larutan aktivator, setelah adsorben teraktivasi dilakukan uji kadar air.



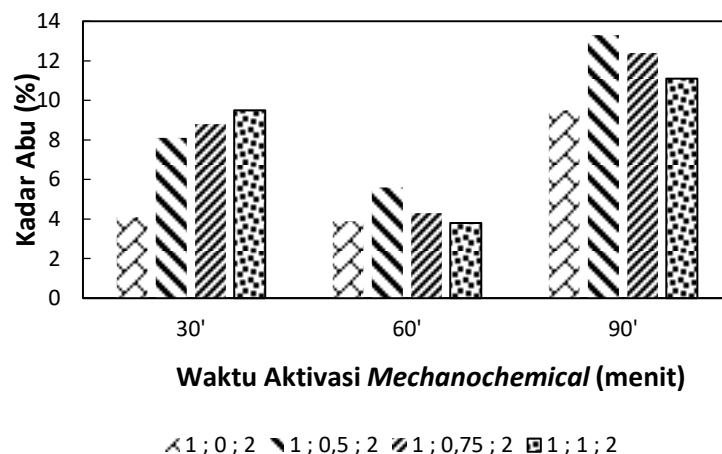
Gambar 1. Pengaruh waktu aktivasi mechanochemical serta perbandingan zeolite, tawas, dan aktivator terhadap kadar air

Tujuan dari analisis yang dilakukan adalah untuk mengetahui kandungan air yang tersisa pada adsorben zeolite-tawas setelah melalui proses aktivasi. Hasil kadar air pada

Tabel 1 dapat disajikan dalam Gambar 1 di atas. Pada Gambar 1 menunjukkan data yang cenderung bervariasi, namun nilai kadar air (%) tersebut telah memenuhi standart mutu pendekatan adsorben yang pada penelitian ini ditujukan pada karbon aktif dalam SNI 06-3730-1995 yaitu 0,1-13,7%. Sesuai SNI karbon aktif sebagai pendekatan SNI adsorben, semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori adsorben[13]. Pada aktivasi dengan menggunakan metode mekanokimia dan penambahan tawas pada modifikasi adsorben zeolit hasil yang didapatkan, semakin besar massa tawas yang ditambahkan, kadar air pada modifikasi adsorben zeolite seharusnya lebih rendah karena peran tawas dalam modifikasi adsorben ini adalah untuk memperkecil rasio Si/Al dari zeolite yang akan meningkatkan sifat hidrofilik dari zeolite. Namun pada Gambar 1, data yang ditunjukkan adalah semakin banyak rasio penambahan tawas kadar air pada adsorben semakin tinggi, hal ini dikarenakan waktu aktivasi yang melampaui batas optimum serta proses pengeringan yang kurang optimal.

3.2. Analisa Kadar Abu

Pada pembuatan adsorben zeolit dengan penambahan tawas dan melalui aktivasi dengan metode mekanokimia selama 30 menit dan 60 menit dengan NaOH sebagai larutan aktivator dihasilkan kadar abu pada Tabel 1 dan dapat disajikan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Pengaruh waktu aktivasi mechanochemical serta perbandingan zeolite, tawas, dan aktivator terhadap kadar abu

Tujuan dari analisis kadar abu adalah untuk mengetahui jumlah oksida yang terkandung dalam adsorben zeolite-tawas [14]. Dapat dilihat dari Gambar 2 bahwa data cenderung bervariasi, namun nilai kadar abu (%) dari penelitian ini masih memenuhi mutu karbon aktif pada SNI 06-3730-1995 dengan rentang nilai 1-3.4%. Sesuai ketentuan SNI 06-3730-1995 adsorben dengan nilai kadar abu yang lebih rendah memiliki kualitas sebagai adsorben yang lebih baik karena adanya abu dapat menutupi pori-pori pada permukaan sehingga kemampuan adsorpsi ion logam tidak dapat berjalan dengan maksimal. Namun, karena pada penelitian ini ada penambahan tawas sebagai modifikasi adsorben agar memiliki daya serap yang lebih baik, hasil terbaik maka didapatkan hasil pada perbandingan zeolite, tawas, dan aktivator 1 : 1 : 2 (b:b:v) dengan waktu aktivasi 30

menit dikarenakan semakin banyak tawas yang ditambahkan maka akan semakin rendah kadar air dan akan semakin banyak abu yang terbentuk, sehingga semakin tinggi kadar abu semakin baik. Meskipun hal ini bertentangan dengan SNI karbon aktif, dimana kandungan abu yang lebih rendah menunjukkan kualitas adsorben yang lebih baik [15], namun belum tentu dengan hasil semakin tinggi kadar abu menghasilkan kualitas adsorben yang kurang baik, karena tujuan penambahan tawas pada modifikasi adsorben ini adalah meningkatkan kemampuan zeolite dalam penyerapan. Pada perbandingan 1 : 1 : 2 (b:b:v) dengan waktu aktivasi 30 menit kadar abu yang didapatkan lebih rendah daripada variabel sebelumnya dikarenakan pada pengeringan sebelumnya belum maksimal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pemanfaatan zeolite sebagai adsorben yang dimodifikasi dengan adanya penambahan tawas dan juga dengan variasi waktu aktivasi mekanokimia dapat menghasilkan adsorben yang sesuai dengan persyaratan mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995. Pada analisa kadar abu, hasil terbaik yang didapatkan adalah dengan variabel perbandingan zeolite, tawas, dan aktivator 1 : 0,5 : 2 (b:b:v) dengan waktu aktivasi selama 30 menit. Sedangkan pada hasil analisa kadar abu didapatkan hasil terbaik pada variabel perbandingan zeolite, tawas, dan aktivator 1 : 0,75 : 2 (b:b:v) dengan waktu aktivasi selama 30 menit.

Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan proses aktivasi dengan waktu yang sebenarnya, waktu pada prosedur analisa kadar air dapat ditambah waktunya sehingga diharapkan hasil yang didapatkan semakin baik, dan pada prosedur kadar abu dapat dilakukan pada suhu 800°C selama 4jam.

REFERENSI

- [1] L. Emelda, S. M. Putri, dan S. B. Ginting, "Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Cr 3⁺ Utilization of Activated Natural Zeolites for Cr 3⁺ Adsorption," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 9, no. 4, hal. 166–172, 2013.
- [2] S. Sugiarti, C. Charlena, dan N. A. Aflakhah, "Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol sebagai Adsorben Kation Cu(II) dan Biru Metilena," *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 3, no. 1, hal. 11–19, 2017.
- [3] W. S. Atikah, "Media Adsorben Pewarna Tekstil the Potentiality of Activated Natural Zeolite From Gunung," *Arena Tekstil*, vol. 32, no. 1, hal. 17–24, 2017.
- [4] Y. D. Ngapa, "Study of The Acid-Base Effect on Zeolite Activation and Its Characterization as Adsorbent of Methylene Blue Dye," *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, vol. 2, no. 2, hal. 90, 2017.
- [5] N. Harefa, G. Sadarman Tafonao, dan D. Lisdawaty Sinaga, "Efektivitas Tawas Hasil Olahan Limbah Aluminium Terhadap Penyerapan Logam Alkali Tanah dengan Metode Gravimetri," *Jurnal EduMatSains : Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, vol. 4, no. 1, hal. 65–76, 2019.
- [6] D. Rofifah, "Tawas Al₂(SO₄)₃," *Paper Knowledge : Toward a Media History of Documents*, hal. 12–26, 2020.
- [7] M. Al Muttaqii dkk., "Pengaruh Aktivasi secara Kimia menggunakan Larutan Asam dan

- Basa terhadap Karakteristik Zeolit Alam,” *Jurnal Riset Industri*, vol. 13, no. 2, hal. 266, 2019.
- [8] F. Wulandari, “Pengaruh Konsentrasi Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben,” hal. 1–113, 2015.
- [9] D. Saidi, A. Jannah, and A. Maunatin, “*Bioethanol Dehydration Process using NaOH-Activated Zeolite at Various Concentration and Zeolite Weight*” vol. 4, no. 1, 2015.
- [10] K. Lipi and J. S. Bandung, “Tinjauan Pembuatan Niobium Karbida” 2014.
- [11] J. T. Kimia and P. N. Malang, “Pemanfaatan Daun Ketapang Sebagai Bio Adsorben Zat Warna Rhodamin B Teraktivasi Asam Sitrat Secara Mechanochemical,” *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 4, pp. 723–731, 2022.
- [12] L. Maulinda, N. ZA, and D. N. Sari, “Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif,” *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 4, no. 2, hal. 11, 2017.
- [13] C. A. Saputri, “Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata De Coco (*Bacterial Sellulose*) Terhadap Ion Pb²⁺ Menggunakan Metode Batch,” *Jurnal Kimia*, vol. 14, no. 1, hal. 71, 2020.
- [14] R. Masriatini, M. Fatimura, dan F. Putri, “Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Menjadi Karbon Aktif dengan Variasi Konsentrasi Aktivator NaCl,” *Jurnal Redoks*, vol. 5, no. 2, hal. 87, 2020.
- [15] I. P. Rizkyi, E. Budi, and E. Susilaningsih, “Aktivasi arang tongkol jagung menggunakan HCl sebagai adsorben ion Cd(II),” *Indonesia. Journal of Chemical Science*, vol. 5, no. 2, hal. 125–129, 2016.